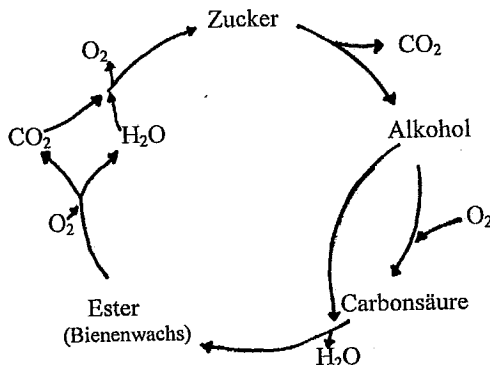


Der Kohlenstoff-

✓ Kreislauf: An seiner Aufklärung wurde und wird seit langem (je nach Blickrichtung kann man sogar sagen, seit dem Altertum) intensiv von vielen Menschen gearbeitet, und man hat eine Fülle von Erkenntnissen bereits gewinnen können. Der Kohlenstoff ist ein ganz besonderes chemisches Element, ~~wie auch Faraday in seiner sechsten Vorlesung betont:~~ Kohlenstoff ist (neben dem Wasser) der Schlüssel zu allen Lebensvorgängen und verleiht damit der ganzen Erde viele entscheidende Charakterzüge. Auch die Erkenntnis seines Stoff-Kreislaufes scheint mir eine außerordentlich bedeutsame zu sein. Der Gedanke, dass die Stoffe weltweit kreisen und alles mit allem nicht nur durch Geben und Nehmen, nicht nur in vernetzter Weise, sondern in Kreisläufen mit sich metamorphosierenden Gestaltungen verbunden ist, ist m. E. eine Erkenntnis, die die Naturwissenschaft erst in den letzten einhundert Jahren wirklich errungen hat und die unser Weltbild nach und nach immer stärker zu prägen beginnt. Jeder Schüler sollte deshalb an mindestens einer Stelle im Unterricht einen solchen Kreislauf kennenlernen, z. B. am Wasser, an einer Ware, am Kohlenstoff oder an einem anderen guten Beispiel. In der Regel dürften zumindest Gymnasiasten heute sogar mehreren derartigen Kreisläufen in ihrer Schulzeit begegnen.

Der Waldorfschul-Lehrplan für die Chemie der 9. Klasse lässt sich so interpretieren, dass er in einige große Grundzüge des Kohlenstoff-Kreislaufes einführt. Stofflich führt er vom Zucker über die Alkohole zu den Carbonsäuren und dann zu den Estern (und nebenbei auch zu den Ethern), prozessual von der Fotosynthese über die alkoholische und die essigsäure Gärung zur Veresterung (und zur Dehydrierung), und als begleitende Stoffe treten dabei kontinuierlich Kohlenstoffdioxid, Wasser und Sauerstoff auf. Dies lässt sich als Kreislauf fassen, wobei es günstig ist, die Verbrennung hinzuzunehmen:



Zwar ist Bienenwachs kein eigentlich typischer Ester (im Vergleich zu den im Unterricht leicht herstellbaren wie z. B. Essigsäureethylester, und auch prinzipiell: chemisch gesehen ist Bienenwachs ein Stoffgemisch, an dem Ester stark beteiligt sind, aber auch

andere Stoffklassen hinzu kommen¹), es hat aber den großen Vorteil, dass man darüber in ungezwungener Weise zur Verbrennung kommt. Und über die Verbrennung lässt sich dieser Kohlenstoff-Kreislauf experimentell wie auch phänomenologisch gut schließen und ist zugleich leichter zu verstehen, als wenn man den viel schwierigeren Weg über den menschlichen und tierischen Stoffwechsel geht, der ebenfalls zur CO_2 - und H_2O -Freisetzung führt.

Dieser Kreislauf, der einen ersten Eindruck des Kohlenstoff-Kreislaufes gibt, ist das Grundkonzept meiner Chemie-Epoche in der 9. Klasse. Es lassen sich damit sowohl die bereits vorhandenen chemischen Kenntnisse aus der 7. und 8. Klasse aufgreifen, erweitern und auf ein umfassenderes Niveau heben als auch diese Erweiterung und Vertiefung sich so bis in die 13. Klasse hinein in idealer Weise fortsetzen (z. B. hat man dann eine gute Grundlage für den Citratcyclus).

Der Unterrichtseinstieg in den Kreislauf ist im Prinzip an allen fünf prozessualen Übergängen möglich: z. B. durch Vergären von Obst (Alkohol-Herstellung, wofür sich der Herbst anbietet); durch essigsäure Gärung; durch Herstellen (ggf. auch durch Gewinnen) von Ethern; durch Untersuchung der Verbrennung einer Kohlenstoff-Wasserstoff-Verbindung; und durch Experimente zur Fotosynthese. Ich habe verschiedene Varianten durchgeführt. Für das selbstständige Tätigwerden der Schüler, das Kennenlernen von experimenteller Technik und das Entwickeln und Erforschen naturwissenschaftlicher Fragestellungen ist meiner Erfahrung nach der Einstieg in den Kreislauf über die Untersuchung einer Verbrennung am besten geeignet. Genau diese Ziele möchte ich in der 9. Klasse erreichen, um rechtzeitig die Weichen zu stellen vom stark lehrerzentrierten Waldorfschulunterricht in der 7. und 8. Klasse hin zu immer selbstständigeren Lernformen, die schließlich in einer Hochschulreife münden. Deshalb stellte sich für mich die Frage, ob das Lehrstück "Kerze"² nicht helfen könnte, den ersten Teil der 9. Klasse - Epoche Chemie zu optimieren und somit die gesteckten Ziele leichter zu erreichen.

Für den gesamten Kreislauf benötigt man drei Epochenwochen, d. h. ca. 15 bis 18 Doppelstunden, wenn man viele Schülerexperimente durchführen, einzelne Aspekte vertiefen und einige Seitenthemen (besonders die Stellung der Tiere und Menschen zum Kreislauf) einbeziehen will. Für die "Kerze" habe ich in etwa die erste Woche, also ca. 6-7 Doppelstunden und damit relativ viel Zeit veranschlagt, da ich hier neben dem Thema im engeren Sinne zugleich Grundsätzliches durchnehme, was in den übrigen zwei Wochen noch mehrfach wieder auftaucht und dann nur aufgegriffen werden muss. Deshalb reichen für die anderen vier chemischen Prozesse (s. o., Abb.) die restlichen Doppelstunden gut aus. Habe ich vier Epochenwochen zur Verfügung, schließe ich noch praxisbezogene Themen an, die sich direkt aus dem Unterricht ergeben, etwa Wein- und Bierherstellung, Kosmetika, Nahrungsmittel-Aromen, Verseifung.

~~Mein Lehrstück-Konzept:~~

~~Im Folgenden sind meine konzeptionellen Vorüberlegungen für den Epochenanfang wiedergegeben. Es handelt sich um eine lose gedankliche Vorstrukturierung, die je~~

¹ Meroth in "Natur" Nr. 12/1987, S. 80

² Michael Faraday, "Naturgeschichte einer Kerze", Franzbecker-Verlag 1979